



УДК 911.2:631.4

DOI 10.18413/2075-4671-2019-43-4-337-347

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГУМУСОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ ТУВЫ И ГОРНОГО АЛТАЯ, СФОРМИРОВАВШИХСЯ В ОДИНАКОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

COMPARATIVE ANALYSIS OF TUNDRA SOIL HUMUS COMPONENT OF TUVA AND MOUNTAIN ALTAI FORMED IN THE SAME ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Н.Л. Бажина, Е.Г. Захарова, М.И. Дергачева
N.L. Bazhina, E.G. Zakharova, M.I. Dergacheva

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS,
8/2 Lavrentieva Ave, Novosibirsk, 630090, Russia

E-mail: bazhina@issa-siberia.ru

Аннотация

Обсуждаются результаты изучения состава гумуса и основных характеристик гуминовых кислот горно-тундровых почв юго-западной части Тувы (Монгун-Тайга) и юго-восточного Горного Алтая (плато Укок), формирующихся в одинаковых экологических условиях. Приводятся среднестатистические величины содержания и соотношения главных компонентов гумуса изученных почв, а также состава и свойств гуминовых кислот. Сравнение почв одного типа, сформированных в одинаковых экологических условиях разных горных стран юга Сибири, по среднему содержанию компонентов гумуса, составу и спектральным характеристикам гуминовых кислот позволило обнаружить, что горно-тундровые почвы, распространение которых приурочено к территориям с аналогичными климатическими параметрами, имеют близкие среднестатистические характеристики содержания, элементного состава, оптических и флуоресцентных характеристик гуминовых кислот и их соотношения с другими компонентами системы гумусовых веществ, а также отсутствие достоверных различий между ними по всем изученным параметрам, что может свидетельствовать в пользу климатогенной обусловленности последних.

Abstract

The results of the study of the humus composition and humic acid main characteristics of mountain-tundra soils of South-Western Tuva (Mongun-Taiga) and South-Eastern Altai Mountains (Ukok Plateau), formed in two geographically remote territories with the same climatic characteristics (average annual air temperatures, total active temperatures above 10 °C, average annual precipitation) are discussed. It was found that they are characterized by a low proportion of humic acids and the humate-fulvate type of humus in both cases, and also have close average statistical characteristics of humic acids: H:C values significantly exceeding 1.0 (1.25–1.26), a very high color coefficient (about 7.0) and a low extinction coefficient (0.030) and the same values of the first moment (M_1) of the fluorescence spectrum of humic acid (444 nm), that is typical for formation conditions of tundra soils in different regions of Russia. Student's test showed that the differences between parameters of humic acids and their ratio with fulvic acids are not statistically significant. It may testify to their climatogenic conditionality and allows extrapolating the obtained data to other areas of the mountain-tundra zone of southern Siberia with similar bioclimatic conditions.

Ключевые слова: горно-тундровые почвы, географические регионы Сибири, система гумусовых веществ, элементный состав, гуминовые кислоты, спектральные характеристики гуминовых кислот, климатические реконструкции, экология почв.



Keywords: mountain-tundra soils, geographic regions of Siberia, system of humic substances, elemental composition, humic acids, spectral characteristics of humic acids, climatic reconstructions, soil ecology.

Введение

Как известно, гумус является одним из важнейших компонентов почвы, обладающих свойствами сенсорности и рефлекторности, и относится к компонентам, которые определяют «память» почвы [Память..., 2008]. Ранее обоснованы положения, которые позволяют использовать гумусовые вещества для оценки состояния природной среды от плейстоцена до современного времени [Дергачева, 1989, 2018; Каллас, 2004; Память..., 2008]. Они свидетельствуют, что гумус представляет собой открытую природную систему гумусовых веществ, которая формируется по законам термодинамики и способна к саморегуляции и самовосстановлению; что система гумусовых веществ отображает особенности развития почвы под действием природных условий в момент их формирования, соотношение ее компонентов позволяет фиксировать стадии развития почв и экологические условия их образования. В то же время и гуминовые кислоты как один из компонентов гумуса являются природной открытой диссипативной системой, которая отражает в составе и свойствах условия природной среды своего формирования [Память..., 2008; Дергачева, 2018]. Они реагируют на изменение природной среды формирования и функционирования, фиксируя длительное воздействие в виде изменений в своем составе и свойствах, а кратковременные воздействия – возвратным изменением свойств. При этом гуминовые кислоты имеют аккумулятивный характер, в силу чего они не мигрируют в пределах профиля и в ландшафте, а связываются с минеральной частью на месте своего образования.

Изучение количественных характеристик гуминовых кислот (ГК) современных почв, сформированных на той или иной территории, в тех или иных природных (глобального, регионального или локального масштаба) условиях, является важным для решения разного рода прикладных задач, где требуется о них информация при диагностике палеоприродной среды, а также для выявления связей их характеристик с экологическими условиями формирования. Такие сведения нужны как для почв, сформированных в пределах единого локального участка, так и для территории разных регионов с одинаковыми или близкими природными условиями, с целью выявления общих и частных закономерностей формирования их состава и свойств под влиянием экологических обстановок.

Алтае-Саянская горная страна, находящаяся в центре Азии и занимающая среднюю часть южного пояса гор, представляет крупную блоковую морфоструктуру со сложным горно-котловинным рельефом. Она включает в себя горные системы и котловины, в число которых входят и геоморфологические единицы Тувы и Горного Алтая [Геология..., 1966], и характеризуется своеобразием ландшафтов, которое определяется географическим положением и особенностями ее геологического строения.

Именно Тува и Горный Алтай отличаются уникальным сочетанием природных ландшафтов, особыми биоклиматическими условиями, то есть они обладают определенным набором и сочетанием экологических характеристик природной среды, которые отражаются в ряде признаков состава и свойств гуминовых кислот. Несмотря на то, что в настоящее время имеются специальные работы, содержащие характеристики гуминовых кислот в различных типах почв Сибири [Дергачева, 1989, 2018; Память..., 2008; Кленов, Чимитдоржиева, 2011; Дергачева и др., 2012 а, б; Бажина и др., 2013; Чимитдоржиева и др., 2016; и др.], а также других российских и зарубежных регионов [Орлов, 1990; Miano, Senesi, 1992; Piccalo, 2001, 2002; Лодыгин, Безносиков, 2003; Попов, 2004; Милановский, 2009; Некрасова, 2013; Chukov et. al., 2017; Lodygin et.al., 2017; и др.], сведений, в которых бы проводилось сравнение состава гумуса и свойств гуминовых кислот в поч-

вах одного типа, сформированных на разных региональных территориях в одинаковых экологических условиях, до сих пор крайне мало. Данная статья посвящена сравнительному сопоставлению состава гумуса, а также состава и свойств гуминовых кислот горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая одинаковых условий формирования.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использовались горно-тундровые почвы Юго-Западной Тувы и Юго-Восточного Горного Алтая (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения районов исследования. Объекты: 1 – Юго-Западная Тува (Монгун-Тайга);

2 – Юго-Восточный Горный Алтай (плато Укок)

Fig. 1. Scheme of research's district. Objects: 1 – South-Western Tuva (Mongun-Taiga);

2 – South-Eastern Altai (Ukok plateau)

Горно-тундровые почвы изучались на ключевых участках: Монгун-Тайга, расположенного в самой крайней юго-западной части Тувы, являющейся орографическим узлом на стыке горных систем Алтая, Западного Саяна и Западного Танну-Ола [Носин, 1963], и на плоскогорье Укок, расположенного в западной части Бертекской межгорной котловины в



пределах Алахинской впадины юго-восточного Горного Алтая [Михайлов, 1961]. Общая характеристика ключевых участков на этих территориях представлена в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Общая характеристика ключевых участков Тувы и Горного Алтая
General description of key areas of Tuva and the Mountain Altai

Регион (ключевой участок)	Юго-Западная Тува (Монгун-Тайга)	Юго-Восточный Горный Алтай (плато Укок)
Характеристика местоположения региона, высота над уровнем моря ключевого участка	Долина реки Мугур, левый борт водораздельной гряды Восточного Мугура, 2352–2815 м	Западная часть Бертекской межгорной котловины в пределах Алахинской впадины, 2200–2450 м
Гранулометрический состав почв	Легкосуглинистый	Легкосуглинистый
Растительность	Лишайниково-разнотравно- злаковая тундра	Лишайниково-разнотравно- злаковая тундра
Климатический район*	Очень холодный	Очень холодный
Климатические показатели: 1– $t^{\circ}\text{C}$; 2– W , мм; 3– $\sum t > 10^{\circ}$	1 – –7.5 2 – 600–700 3 – 800–900	1 – –7.5 2 – 600–700 3 – 800–900

*согласно критериям Н.П. Бахтина [1968]

Для них характерен резко континентальный климат [Ефимцев, 1957]. Он характеризуется очень холодной зимой, коротким и прохладным летом (температура редко поднимается выше $+10^{\circ}\text{C}$), а также коротким вегетационным периодом (менее 50 дней). На формирование климата исследуемых территорий существенное влияние оказывает удаленное от морей и океанов положение, а также орографические условия, определяющие резкие климатические контрасты (неравномерное выпадение осадков на территории, вертикальная климатическая поясность, инверсии температуры, развитие горно-долинных ветров – фёнов) [Петров, 1952].

Также для этих территорий свойственно отсутствие леса и своеобразное сочетание тундр, лугов и степей высокогорного пояса.

Почвенные образцы отбирались сплошной колонкой каждые 5–10 см и/или менее в границах морфологически выделяемых горизонтов. Препараты гуминовых кислот выделялись общепринятым методом [Орлов, Гришина, 1981] при отсутствии жесткой очистки от минеральных компонентов [Дергачева и др., 2012а].

В работе были использованы характеристики состава гумуса почв, соотношения гуминовых кислот с фульвокислотами, а также элементный состав гуминовых кислот, количественные параметры их электронных спектров (коэффициенты экстинкции и цветности) и количественный показатель, отражающий их флуоресцентные свойства – первый момент (M_1).

Состав гумуса изучался по методике Пономаревой-Плотниковой в модификации 1968 г. Элементный состав определялся в НИОХ СО РАН на CHN-анализаторе Euro EA-3000. Электронные спектры снимались на спектрофотометре Cary-60 UV VIS. Расчет коэффициентов экстинкции (E_{465}) проводился по Д.С. Орлову [1990] при $\lambda = 465$ нм, толщине слоя 1 см и концентрации беззольной ГК 0.001 %, коэффициентов цветности по соотношению оптических плотностей при длинах волн 465 нм и 650 нм ($E_{465} : E_{650}$) [Welte, 1956]. Спектры флуоресценции снимались на сканирующем спектрофлуориметре Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer (возб. = 330 нм). Луч лазера проходил через кювету из кварца (1 см²). При их интерпретации в качестве количественного параметра использовался первый момент спектров флуоресценции гуминовых кислот (M_1), согласно С. Паркер [1972].

Результаты и их обсуждение

Представленные данные по содержанию компонентов гумуса горизонта А горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая показали, что они характеризуются невысокой долей гуминовых кислот, над которыми преобладают фульвокислоты, в связи с чем величина $C_{гк}:C_{фк}$ в среднем составляет менее 1.0 (в обеих почвах около 0.70, табл. 2). Все показатели имеют близкие среднестатистические значения и тип гумуса в обоих случаях – гумотно-фульватный (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Содержание компонентов гумуса горизонта А горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая
Content of humus components of mountain tundra soils horizon A of Tuva and Gorny Altai

Ключевой участок	Разрез	C _{общ.} , %	Σ _{гк} , % к C _{общ}	Σ _{фк} , % к C _{общ}	C _{гк} : C _{фк}
Монгун-Тайга	1	4.46	19.83	30.09	0.66
		8.33	23.91	28.42	0.84
	2	6.94	14.46	37.06	0.39
		6.66	18.41	27.62	0.67
	3	7.72	17.63	26.95	0.65
	4	6.47	22.51	31.07	0.72
		6.12	22.04	31.20	0.71
	5	8.71	20.83	32.28	0.65
		8.66	19.18	29.10	0.66
	6	8.06	21.32	30.13	0.71
		7.77	19.14	28.46	0.67
	7	3.70	14.95	28.49	0.52
	8	8.99	29.60	32.51	0.91
	9	7.45	28.01	30.68	0.91
		6.15	25.53	31.02	0.82
Среднее для почв всего ключевого участка (n = 15)		7.08 ± 1.54	21.16 ± 4.32	30.34 ± 2.49	0.70 ± 0.14
Укок	8-015	10.15	34.60	36.74	0.94
		3.37	22.20	37.64	0.59
		3.95	20.46	39.86	0.51
	9-015	9.74	21.97	34.27	0.64
		9.60	25.38	36.33	0.70
		5.23	22.83	29.06	0.79
	10-015	16.98	21.42	37.94	0.56
		3.27	20.98	25.10	0.83
		2.93	17.04	23.20	0.73
	11-015	6.32	14.14	24.94	0.57
		6.68	22.04	27.20	0.81
		5.82	19.04	25.71	0.74
Среднее для почв всего ключевого участка (n = 12)		7.00 ± 4.07	21.84 ± 4.95	31.50 ± 6.17	0.70 ± 0.13

На рис. 2 представлено положение показателей долевого содержания гуминовых кислот и фульвокислот в координатах основных компонентов – $C_{гк}$ и $C_{фк}$ – в горно-тундровых почвах Тувы и Горного Алтая. В целом все показатели формируют единое поле распределения.

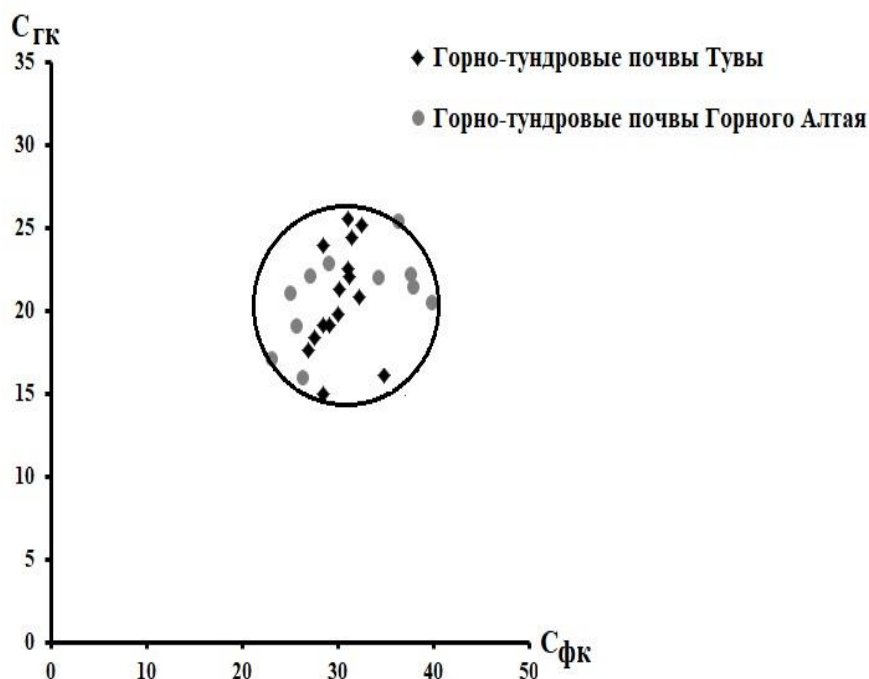


Рис. 2. Поля распределения показателей соотношения гуминовых кислот и фульвокислот в горно-тундровых почвах Тувы и Горного Алтая

Fig. 2. Fields of distribution of indicators of the humic acid and fulvic acid ratio in the mountain-tundra soils of Tuva and Gorny Altai

Состав и спектральные характеристики гуминовых кислот горизонта А изученных горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая имеют также близкие среднестатистические величины (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Состав и спектральные характеристики гуминовых кислот горизонта А горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая
Composition and spectral characteristics of humic acids of horizon A mountain tundra soils of Tuva and Gorny Altai

Ключевой участок	Разрез	H : C	E ₄₆₅	E ₄₆₅ : E ₆₅₀	M ₁
1	2	3	4	5	6
Монгун-Тайга	1	1.28	0.032	6.00	443
		1.32	0.029	5.34	448
	2	1.33	0.025	6.14	440
		1.25	0.028	6.34	444
	3	1.16	0.034	5.29	450
	4	1.26	0.031	6.30	443
		1.25	0.033	7.06	440
	5	1.34	0.033	7.19	450
		1.37	0.032	7.19	434
	6	1.21	0.028	8.21	447
		1.03	0.030	8.41	448
	7	1.21	0.030	8.52	442
	8	1.19	0.032	7.72	443
	9	1.26	0.031	7.36	444
		1.27	0.028	8.22	442
	Среднее для почв всего ключевого участка (n = 15)		1.25 ± 0.08	0.030 ± 0.002	7.02 ± 1.04

Окончание табл. 3

Укок	8-015	1.10	0.031	6.71	448
		1.25	0.029	6.30	442
		1.29	0.028	6.22	445
	9-015	1.25	0.031	6.75	442
		1.26	0.030	6.56	444
		1.30	0.028	7.15	441
	10-015	1.26	0.034	7.02	451
		1.31	0.032	7.25	442
		1.29	0.030	7.41	443
	11-015	1.24	0.030	7.16	442
		1.27	0.028	7.85	444
		1.25	0.029	7.45	440
Среднее для почв всего ключевого участка (n = 12)		1.26 ± 0.05	0.030 ± 0.001	6.99 ± 0.47	444 ± 2.98

Для горно-тундровых почв характерны высокие среднестатистические величины коэффициента цветности гуминовых кислот ($E_{465} : E_{650}$), что свойственно для почв этого типа. Значения этого показателя колеблются в пределах 6.0–8.2, коэффициента экстинкции (E_{465}) – в пределах 0.025–0.034, среднестатистические величины в гуминовых кислотах обеих почв близки (см. табл. 3).

Рассчитанные среднестатистические величины первого момента флуоресценции гуминовых кислот почв тундровых условий формирования свидетельствуют, что в обоих случаях этот показатель имеет близкие величины – 444 нм (см. табл. 3).

Распределение величин соотношений основных структурообразующих элементов в гуминовых кислотах горизонта А (0–10 см) горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая отличается компактным единым полем в координатах Н : С—О : С (рис. 3).

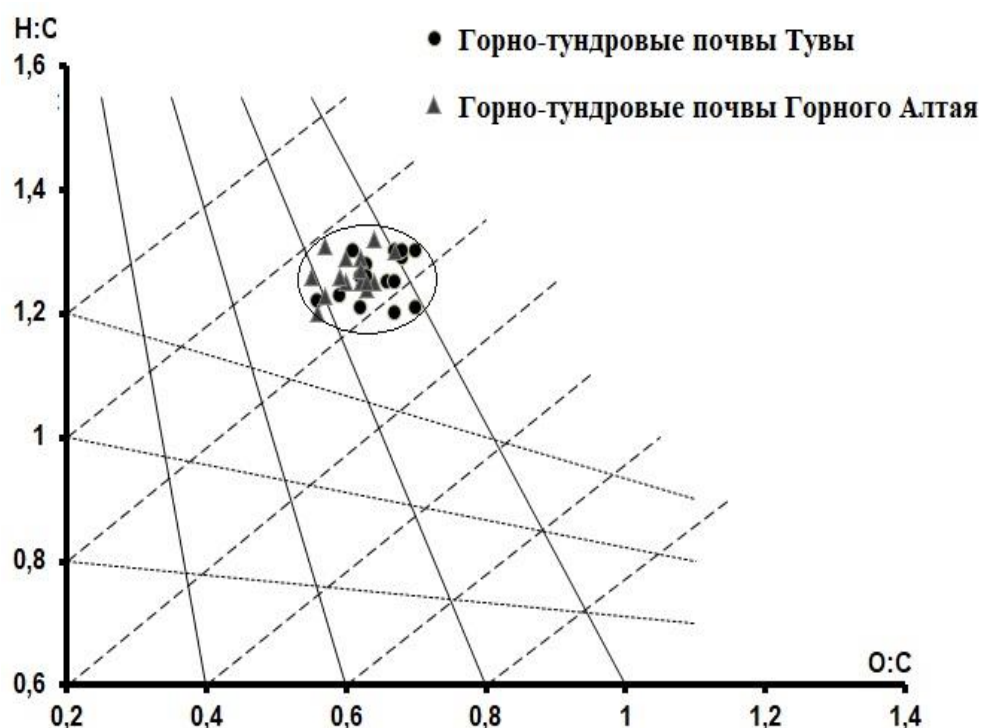


Рис. 3. Поля распределения показателей элементного состава гуминовых кислот горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая в координатах Н : С—О : С по Ван-Кревелену [1951]
Fig. 3. Fields of distribution of humic acid elemental composition in of mountain-tundra soils of Tuva and Gorny Altai in coordinates Н : С—О : С by Van-Krevelen [1951]



Сравнение величин Н:С гуминовых кислот изученных почв Тувы и Горного Алтая с имеющимися в литературе [Дергачева и др., 2012a] показало, что горно-тундровые почвы других районов этих регионов Сибири имеют также близкие величины соотношения этих структурообразующих элементов (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Среднестатистические величины Н : С гуминовых кислот почв Тувы и Горного Алтая тундровых условий формирования [Дергачева и др., 2012a]
Average values of Н:С soil humic acids of Tuva and Gorny Altai of tundra formation conditions [Dergacheva et al., 2012a]

Объекты	n	$\bar{X} \pm m$ для Н : С в ГК
Тува (в целом для региона)	17	1.25 ± 0.06
Юго-Восточный Горный Алтай	12	1.26 ± 0.04
Центральный Горный Алтай	21	1.24 ± 0.15

Для выявления достоверности сходства или выявления различий по среднему содержанию компонентов гумуса, составу и спектральным характеристикам гуминовых кислот проведено сравнение почв одного типа (горно-тундровых), сформированных в одинаковых экологических условиях в юго-западной части Тувы (Монгун-Тайга) и юго-восточной части Горного Алтая (плато Укок), результаты которого приведены в табл. 5.

Таблица 5
Table 5

Оценка достоверности различий количественных показателей состава и свойств гуминовых кислот горно-тундровых почв Тувы и Горного Алтая по Стъуденту
Assessment of the reliability of differences in quantitative indicators of humic acids of mountain-tundra soils of Tuva and Gorny Altai by Stjudent

Показатели	Коэффициент достоверности расчетный	Коэффициент Стъудента для ($p \leq 0.01$)	Коэффициент Стъудента для ($p \leq 0.05$)	Оценка достоверности
$C_{\text{общ.}}, \%$	0.056	2.819	2.074	Различия не значимы
$\sum_{\text{ГК}}$	0.732	2.845	2.086	Различия не значимы
$\sum_{\text{ФК}}$	0.554	2.819	2.074	Различия не значимы
$C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}}$	0.037	2.797	2.064	Различия не значимы
Н : С	0.477	2.771	2.052	Различия не значимы
E_{465}	0.273	2.845	2.086	Различия не значимы
$E_4 : E_6$	0.296	2.831	2.079	Различия не значимы
M_1	0.019	2.878	2.101	Различия не значимы

Оценка достоверности различий по критерию Стъудента показала отсутствие значимых различий между ними (см. табл. 5).

Этот вывод очень важен для дальнейшего установления общих закономерностей формирования системы гумусовых веществ в разных условиях сочетания климатических параметров и обоснования их климатогенной обусловленности, что может способствовать прогнозам поведения почв в меняющейся обстановке.

Заключение

Состав и соотношение компонентов гумуса в тундровых почвах рассматриваемых локальных территорий регионов Тувы и Горного Алтая характеризуются невысокой долей гуминовых кислот и преобладанием над ними фульвокислот, так что состав гумуса в обоих случаях может быть отнесен к гуматно-фульватному типу. Гуминовые кислоты изу-

ченных почв имеют очень высокий процент водорода, величины $H : C$ существенно превышающие 1.0, а также очень высокие среднестатистические значения коэффициента цветности ($E_{465} : E_{650}$) и низкие – коэффициента экстинкции (E_{465}), свидетельствующие о слабо сформированной «ядерной» части и наличии большой доли периферических группировок, что характерно для почв тундровых условий формирования разных регионов России. Количественный показатель спектров флуоресценции (первый момент – M_1) гуминовых кислот горно-тундровых почв характеризуется приуроченностью к синей области спектра – 444 нм.

Среднестатистические значения содержания компонентов гумуса, элементного состава и спектральных свойств гуминовых кислот горизонта А горно-тундровых почв, сформированных в одинаковых экологических условиях Тувы и Горного Алтая, близки, так как различия, оцененные по критерию Стьюдента, статистически не значимы. Это может свидетельствовать в пользу климатогенной их обусловленности и позволяет экстраполировать полученные данные на другие участки тундры горных территорий юга Сибири с аналогичными биоклиматическими данными.

Благодарности

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН

Список литературы

1. Бажина Н.Л., Ондар Е.Э., Очур К.О., Дергачева М.И. 2013. Элементный состав гуминовых кислот почв западной части территории Тувы. Вестник Оренбургского государственного университета, 10: 233–236.
2. Бахтин Н.П. 1968. Климатические особенности и агроклиматические ресурсы Тувинской АССР. Сб. работ Красноярской гидрометеорологической обсерватории, 1: 26–68.
3. Геология СССР. Геологическое описание. Тувинская АССР. 1966. М., Недра, 459 с.
4. Дергачева М.И. 1989. Система гумусовых веществ почв. Новосибирск, Наука, Сиб. отделение, 110 с.
5. Дергачева М.И. 2018. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 292 с.
6. Дергачева М.И., Некрасова О.А., Оконешникова М.В., Васильева Д.И., Гаврилов Д.А., Очур К.О., Ондар Е.Э. 2012а. Соотношение элементов в гуминовых кислотах как источник информации о природной среде формирования почв. Сибирский экологический журнал, 5: 667–676.
7. Дергачева М.И., Некрасова О.А., Васильева Д.И., Фадеева В.П. 2012б. Элементный состав гуминовых кислот целинных черноземов в разных условиях формирования. Вестник Оренбургского государственного университета, 10 (146): 90–96.
8. Ефимцев Н.А. 1957. Климатический очерк. Природные условия Тувинской Автономной области. М., АН СССР, С. 46–65.
9. Каллас Е.В. 2004. Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины. Новосибирск, Изд-во «Гуманитарные технологии», 170 с.
10. Кленов Б.М., Чимитдоржиева Г.Д. 2011. Влияние континентальности климата на гумусообразование и элементный состав гуминовых кислот автоморфных почв Сибири. Сибирский экологический журнал, 5: 665–671.
11. Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А. 2003. Изучение молекулярной структуры гумусовых кислот подзолистых почв методом ^{13}C -ЯМР спектроскопии. Почвоведение, 9: 1085–1094.
12. Милановский Е.Ю. 2009. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения. М., ГЕОС, 188 с.
13. Михайлов Н.И. 1961. Современное оледенение Шапшальского хребта (Восточный Алтай). Известия АН СССР. Серия геол., 3: 67–78.
14. Некрасова О.А. 2013. Элементный состав гуминовых кислот южно-таежных почв Среднего Урала и прилегающих территорий. Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 3: 23–28.
15. Носин В.А. 1963. Почвы Тувы. М., АН СССР, 342 с.



16. Орлов Д.С. 1990. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., МГУ, 325 с.
17. Орлов Д.С., Гришина Л.А. 1981. Практикум по химии гумуса. М., Изд-во Моск. ун-та, 272 с.
18. Таргульян В.О., Горячкин С.В. (ред.). 2008. Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М.: Издательство ЛКИ, 692 с.
19. Паркер С. 1972. Введение в фотолюминесценцию растворов. М., Иностран. лит., 156 с.
20. Петров Б.Ф. 1952. Почвы Алтае-Саянской области. М., РАН СССР, 247 с.
21. Попов А.И. 2004. Гуминовые вещества – свойства, строение, образование. СПб., Изд-во СПб. Ун-та, 248 с.
22. Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д., Цыбенков Ю.Б., Аюрова Д.Б. 2016. Элементный состав гуминовых кислот разных подтипов черноземов Забайкалья. Агрохимия, 10: 71–76.
23. Chukov S.N., Ejarque E., Abakumov E.V. 2017. Characterization of humic acids of soils of tundra zone of North-West Siberia by electron spin resonance. Eurasian Soil Science, 1: 35–39.
24. Lodygin E., Beznosikov V., Abakumov E. 2017. Humic substances elemental composition of selected taiga and tundra soils from Russian European North-East. Polish Polar Research, 38 (2): 125–147.
25. Miano T.M., Senesi N. 1992. Synchronous excitation fluorescence spectroscopy applied to soil humic substances chemistry. Science Total Environ, 117: 41–51.
26. Piccolo A. 2001. The supramolecular structure of humic substances. Soil Science, 166 (11): 810–832.
27. Piccolo A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. Soil Science, 166: 810–832.
28. Van-Krevelen D.W. 1951. Physico-chemical aspects of the pyrolysis of coal and related organic compounds. Fuel., 30: 678–683.
29. Welte E. 1956. Zur Konzentrationsmessung von Huminsäuren. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, 74 (3): 1280–1285.

References

1. Bazhina N.L., Ondar E.E., Ochur K.O., Dergacheva M.I. 2013. Soil humic acid elemental composition of western part of the territory Tuva. Bulletin of the Orenburg State University, 10: 233–236 (in Russian).
2. Bakhtin N.P. 1968. Klimaticheskie osobennosti i agroklimaticheskie resursy Tuvinskoy ASSR [Climatic features and agroclimatic resources of Tuva ASSR]. Sb. rabot Krasnoyarskoy gidrometeorologicheskoy observatorii, 1: 26–68.
3. Geologiya SSSR. Geologicheskoe opisanie. Tuvinskaya ASSR. [Geology of the USSR. Geological description. Tuva Autonomous Soviet Socialist Republic]. 1966. Moscow, Nedra, 459 p.
4. Dergacheva M.I. 1989. Sistema gumusovykh veshchestv pochv [System of soil humus]. Novosibirsk, Nauka, 110 p.
5. Dergacheva M.I. 2018. The system of humic substances as a basis for the diagnosis of paleosols and the reconstruction of the paleo-natural environment. Novosibirsk, SB RAN, 292 p. (in Russian).
6. Dergacheva M.I., Gavrilov D.A., Ochur K.O., Nekrasova O.A., Okoneshnikova M.V., Vasil'eva D.I., Ondar E.E. 2012a. Ratio of elements in humic acids as a source of information on the environment of soil formation. Contemporary Problems of Ecology, 5: 497–504 (in Russian).
7. Dergacheva M.I., Nekrasova O.A., Vasilieva D.I., Fadeeva V.P. 2012b. Humic acid elemental composition of different formation condition virgin chernozems. Bulletin of the Orenburg State University, 10 (146): 90–96 (in Russian).
8. Efimtsev N.A. 1957. Klimaticheskii ocherk. Prirodnye usloviya Tuvinskoy Avtonomnoy oblasti [A climate sketch. Natural conditions of Tuva Autonomous Region]. Moscow, AN SSSR, P. 46–65.
9. Kallas E.V. 2004. Gumusovye profili pochv ozernykh kotlovin Chulymo-Eniseyskoy vpadiny [Humus profiles soil of the lake basins of the Chulymoenisey depression]. Novosibirsk, Izd-vo «Gumantarnye tekhnologii», 170 p.
10. Klenov B.M., Chimitdorzhieva G.D. 2011. Influence of continental climate on humus formation and elemental composition of humic acids in automorphic soils of Siberia. Sibirskiy ekologicheskii zhurnal, 5: 665–671 (in Russian).

11. Lodygin E.D., Beznosikov V.A. 2003. The ¹³C NMR study of the molecular structure of humus acids from podzolic and bog-podzolic soils. *Eurasian Soil Science*, 36 (9): 967–975 (in Russian).
12. Milanovskiy E.Yu. 2009. Gumusovye veshchestva pochv kak prirodnye gidrofobno-gidrofil'nye soedineniya [Humus soil substances as natural hydrophobic-hydrophilic compounds]. Moscow, GEOS, 188 p.
13. Mikhaylov N.I. 1961. Sovremennoe oledenenie Shapshal'skogo khrebt (Vostochnyy Altay) [Modern glaciation of the Shapshal Ridge (East Altai)]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geol.*, 3: 67–78.
14. Nekrasova O.A. 2013. The humic acid element composition of Central Ural South taiga soils and adjacent territories. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 3: 23–28 (in Russian).
15. Nosin V.A. 1963. Pochvy Tuvy [Soils of Tuva]. Moscow, AN SSSR, 342 p.
16. Orlov D.S. 1990. Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii [Soil humic acids and general theory of humification]. Moscow, MGU, 325 p.
17. Orlov D.S., Grishina L.A. 1981. Praktikum po khimii gumusa [Workshop on humus chemistry]. Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 272 p.
18. Targul'yan V.O., Goryachkin S.V. (red.). 2008. Pamyat' pochv: Pochva kak pamyat' biosfero-geosfero-antroposfernykh vzaimodeystviy. [Soil memory: Soil as a memory of Biosphere-Geosphere-Anthroposphere Interactions]. Moscow, Izd-vo LKI, 692 p.
19. Parker S. 1972. Introduction of solutions into photoluminescence. Moscow, Foreign Lit., 156 p.
20. Petrov B.F. 1952. Pochvy Altae-Sayanskoy oblasti [Soils of Altai-Sayan region]. Moscow, RAN SSSR, 247 p.
21. Popov A.I. 2004. Guminovye veshchestva – svoystva, stroenie, obrazovanie [Humic substances – properties, structure, formation]. St. Petersburg, Izd-vo SPb. Un-ta, 248 p.
22. Chimitdorzhieva E.O., Chimitdorzhieva G.D., Tsybenov Y.B., Ayurova D.B. 2016. The Humic acids of different chernozems subtypes of Transbaikalia. *Agrochemistry*, 10: 71–76 (in Russian).
23. Chukov S.N., Ejarque E., Abakumov E.V. 2017. Characterization of humic acids of soils of tundra zone of North-West Siberia by electron spin resonance. *Eurasian Soil Science*, 1: 35–39.
24. Lodygin E., Beznosikov V., Abakumov E. 2017. Humic substances elemental composition of selected taiga and tundra soils from Russian European North-East. *Polish Polar Research*, 38 (2): 125–147.
25. Miano T.M., Senesi N. 1992. Synchronous excitation fluorescence spectroscopy applied to soil humic substances chemistry. *Science Total Environ*, 117: 41–51.
26. Piccolo A. 2001. The supramolecular structure of humic substances. *Soil Science*, 166 (11): 810–832.
27. Piccolo A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Soil Science*, 166: 810–832.
28. Van-Krevelen D.W. 1951. Physico-chemical aspects of the pyrolysis of coal and related organic compounds. *Fuel*, 30: 678–683.
29. Welte E. 1956. Zur Konzentrationsmessung von Huminsäuren. *Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde*, 74 (3): 1280–1285.

Ссылка для цитирования статьи Link for article citation

Бажина Н.Л., Захарова Е.Г., Дергачева М.И. 2019. Сравнительный анализ гумусовой составляющей тундровых почв Тувы и Горного Алтая, сформировавшихся в одинаковых экологических условиях. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 43(4): 337–347. DOI 10.18413/2075-4671-2019-43-4-337-347

Bazhina N.L., Zakharova E.G., Dergacheva M.I. 2019. Comparative analysis of tundra soil humus component of Tuva and Mountain Altai formed in the same environmental conditions. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*. 43(4): 337–347 (in Russian). DOI 10.18413/2075-4671-2019-43-4-337-347